

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                    2 0 0 2 年 1 2 月    3 日  
Date of Application:

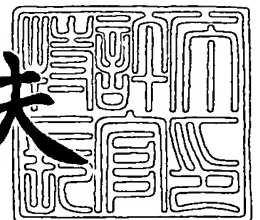
出 願 番 号                    特 願 2 0 0 2 - 3 5 0 8 0 8  
Application Number:  
[ST. 10/C] :                    [ J P 2 0 0 2 - 3 5 0 8 0 8 ]

出      願      人  
Applicant(s):                    株式会社沖データ  
                                      株式会社沖デジタルイメージング

2 0 0 3 年 1 0 月 3 0 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号    出証特 2 0 0 3 - 3 0 9 0 1 7 3

【書類名】 特許願

【整理番号】 MA901320

【提出日】 平成14年12月 3日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 33/00

【発明者】

【住所又は居所】 東京都八王子市東浅川町 5 5 0 番地の 1 株式会社沖デ  
ジタルイメージング内

【氏名】 荻原 光彦

【特許出願人】

【識別番号】 591044164

【氏名又は名称】 株式会社沖データ

【代表者】 河井 正彦

【特許出願人】

【識別番号】 500002571

【氏名又は名称】 株式会社沖デジタルイメージング

【代表者】 菊地 曠

【代理人】

【識別番号】 100083840

【弁理士】

【氏名又は名称】 前田 実

【選任した代理人】

【識別番号】 100116964

【弁理士】

【氏名又は名称】 山形 洋一

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 007205

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9407118

【包括委任状番号】 0104055

【包括委任状番号】 0010218

【包括委任状番号】 0104054

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体エピタキシャル構造および半導体発光装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 第 1 の半導体エピタキシャル層と、上記第 1 の半導体エピタキシャル層を挟むようにそれぞれ上記第 1 の半導体エピタキシャル層に接して積層された第 2 の半導体エピタキシャル層および第 3 の半導体エピタキシャル層とを備え、

上記第 1 の半導体エピタキシャル層のエネルギーバンドギャップが、上記第 2 の半導体エピタキシャル層のエネルギーバンドギャップおよび上記第 3 の半導体エピタキシャル層のエネルギーバンドギャップよりも狭く、

上記第 1 の半導体エピタキシャル層内に、第 1 導電型半導体エピタキシャル層と第 2 導電型半導体エピタキシャル層の接合面が存在することを特徴とする半導体エピタキシャル構造。

【請求項 2】 請求項 1 記載の半導体エピタキシャル構造において、  
上記第 2 の半導体エピタキシャル層の導電型が、第 1 導電型であり、  
上記第 3 の半導体エピタキシャル層の導電型が、第 2 導電型であり、  
上記第 1 の半導体エピタキシャル層内の上記第 1 導電型半導体エピタキシャル層が、上記第 2 の半導体エピタキシャル層との界面側に設けられており、  
上記第 1 の半導体エピタキシャル層内の上記第 2 導電型半導体エピタキシャル層が、上記第 3 の半導体エピタキシャル層との界面側に設けられていることを特徴とする半導体エピタキシャル構造。

【請求項 3】 互いに接して積層された第 1 の半導体エピタキシャル層および第 2 の半導体エピタキシャル層を備え、

上記第 1 の半導体エピタキシャル層のエネルギーバンドギャップが、上記第 2 の半導体エピタキシャル層のエネルギーバンドギャップよりも狭く、

上記第 1 の半導体エピタキシャル層内に、第 1 導電型半導体エピタキシャル層と第 2 導電型半導体エピタキシャル層の接合面が存在することを特徴とする半導体エピタキシャル構造。

【請求項 4】 請求項 3 記載の半導体エピタキシャル構造において、

上記第2の半導体エピタキシャル層の導電型が、第1導電型であり、

上記第1の半導体エピタキシャル層内の上記第1導電型半導体エピタキシャル層が、上記第2の半導体エピタキシャル層との界面側に設けられている

ことを特徴とする半導体エピタキシャル構造。

【請求項5】 請求項1または3に記載の半導体エピタキシャル構造において、

上記第1導電型半導体エピタキシャル層の不純物および上記第2導電型半導体エピタキシャル層の不純物は、半導体エピタキシャル層を形成するときにドーピングされたものである

ことを特徴とする半導体エピタキシャル構造。

【請求項6】 請求項1または3に記載の半導体エピタキシャル構造と、この半導体エピタキシャル構造の基材となる基板との間に、上記半導体エピタキシャル構造を上記基板からリフトオフするための犠牲層をさらに備えたことを特徴とする半導体エピタキシャル構造。

【請求項7】 請求項1または3に記載の半導体エピタキシャル構造の領域からなる発光部と、

上記発光部のp n接合に電流を流すための電極と  
を備えた

ことを特徴とする半導体発光装置。

【請求項8】 上記犠牲層で上記基材となる基板からリフトオフした請求項6記載の半導体エピタキシャル構造の領域からなる発光部と、

上記基材となる基板とは異種のものであって、上記発光部が接合された異種基板と

を備えた

ことを特徴とする半導体発光装置。

【請求項9】 請求項7または8に記載の半導体発光装置において、  
上記発光部を略一列にアレイ配置したことを特徴とする半導体発光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、基板上に複数の半導体エピタキシャル層を積層してなる半導体エピタキシャル構造およびこの半導体エピタキシャル構造を用いた半導体発光装置に関する。

## 【0002】

## 【従来の技術】

半導体発光装置の従来の技術（第1の従来技術）としては、p型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ （ $x=0.35$ ）からなる活性層を、p型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ （ $x=0.65$ ）からなるクラッド層およびn型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ （ $x=0.65$ ）からなるクラッド層で挟み込んで、発光部を構成したものがある（例えば、非特許文献1参照）。

## 【0003】

また、従来の他の技術（第2の従来技術）としては、ノンドープの $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ （ $x=0.2$ ）からなる活性層を、p型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ （ $x=0.4$ ）からなるクラッド層およびn型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ （ $x=0.4$ ）からなるクラッド層で挟み込んで、発光部を構成したものがある（例えば、特許文献1参照）。

## 【0004】

## 【特許文献1】

特開平11-340501号公報（図4）

## 【非特許文献1】

奥野保男著「発光ダイオード」、産業図書、1993

## 【0005】

## 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら上記従来技術では、以下に説明する課題があった。

## 【0006】

上記第1の従来技術では、pn接合がp型活性層／n型クラッド層界面に形成されている。この構造に順方向電圧が印加されたときには、伝導帯においてn型クラッド層からp型クラッド層に少数キャリアとして電子が注入される。注入さ

れた電子は、p 型活性層／p 型クラッド層界面に形成されているエネルギー障壁の高さが十分であれば、エネルギー障壁によって、p 型クラッド層への拡散が阻止される。すなわち、注入された電子は、p 型活性層内に閉じ込められる。一方、順方向電圧が印加されたときには、価電子帯において p 型活性層と n 型クラッド層の界面のエネルギー障壁の高さが十分であれば、正孔は n 型クラッド層内へ移動できない（正孔は n 型クラッド層内へ注入されない）。この場合、p 型領域（p 型クラッド層と p 型活性層）内ではキャリア（多数キャリアとしての正孔）が均一に分布すると考えれば、p 型活性層内では、n 型クラッド層から p 型活性層へ注入されてエネルギー障壁によって p 型領域の拡散が阻止された電子のように、注入によって発生する活性層内に高濃度に局在するような正孔の分布状態は発生しないと考えられる。このように上記第 1 の従来技術では、高濃度の注入キャリアによって電子－正孔再結合確率が高くなり、発光効率が向上するが、正孔については、注入キャリア密度を高くして発光効率を高める効果が得られないという課題があった。

#### 【0007】

また、上記第 2 の従来技術では、発光強度を増加させるために発光部に流す電流を増加させると、活性層内に注入されるキャリアが増加し、活性層内での注入キャリア密度が増加する。活性層内のキャリア密度が非常に高くなった場合には、活性層からクラッド層にキャリアが溢れ出し（オーバーフロー）、電流の増加に対して発光強度が増加しなくなる。つまり、高電流注入領域での電流－発光強度特性の直線性が劣化するという課題があった。

#### 【0008】

上記第 2 の従来技術において、キャリアのオーバーフローを小さくするために活性層の厚さを厚くする、あるいはクラッド層／活性層界面のエネルギー障壁を高くした場合には、p 型クラッド層／ノンドープ活性層／n 型クラッド層のヘテロエピタキシャル層構造の p－n 間の抵抗が上昇し、消費電力が増加するという課題があった。半導体発光装置を駆動するに場合は、できるだけ低抵抗であることや低消費電力であることが、しばしば要求される。

#### 【0009】

本発明は、このような従来の課題を解決するためになされたものであり、高発光効率および高電流注入領域での電流－発光強度特性に優れた半導体発光装置を実現できる半導体エピタキシャル構造を提供することを目的とする。

#### 【0010】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明の半導体エピタキシャル構造は、

第1の半導体エピタキシャル層と、上記第1の半導体エピタキシャル層を挟むようにそれぞれ上記第1の半導体エピタキシャル層に接して積層された第2の半導体エピタキシャル層および第3の半導体エピタキシャル層とを備え、

上記第1の半導体エピタキシャル層のエネルギーバンドギャップが、上記第2の半導体エピタキシャル層のエネルギーバンドギャップおよび上記第3の半導体エピタキシャル層のエネルギーバンドギャップよりも狭く、

上記第1の半導体エピタキシャル層内に、第1導電型半導体エピタキシャル層と第2導電型半導体エピタキシャル層の接合面が存在する

ことを特徴とする。

#### 【0011】

##### 【発明の実施の形態】

##### 実施の形態1

図1は本発明の実施の形態1の半導体エピタキシャル層の積層構造（半導体エピタキシャル構造）を示す図である。

#### 【0012】

実施の形態1の半導体エピタキシャル構造は、基板101上に、バッファ層102と、クラッド層1103と、活性層1104aおよび活性層2104bで構成された活性層104と、クラッド層2105と、コンタクト層106とを積層した構造である。

#### 【0013】

上記基板および上記それぞれの半導体エピタキシャル層は、例えば以下のような導電型とすることができる。基板101、バッファ層102、クラッド層1103、活性層1104aはp型、活性層2104b、クラッド層21



05, コンタクト層106はn型とすることができる。従って、pn接合は、活性層104の中に存在する(活性層104内に設けられている)。

#### 【0014】

図2は図1の半導体エピタキシャル構造のエネルギーバンド構造を模式的に示した図である。図2において、 $E_{g1}$ はクラッド層1 103のエネルギーバンドギャップ、 $E_{g2}$ は活性層1 104aおよび活性層2 104bのエネルギーバンドギャップ、 $E_{g3}$ はクラッド層2 105のエネルギーバンドギャップである。

#### 【0015】

図2に示すように、クラッド層1のエネルギーバンドギャップ $E_{g1}$ およびクラッド層2のエネルギーバンドギャップ $E_{g3}$ は、いずれも活性層のエネルギーバンドギャップ $E_{g2}$ よりも大きく、

$$E_{g1}, E_{g3} > E_{g2}$$

である。活性層1/クラッド層1の界面およびクラッド層2/活性層2の界面は、それぞれヘテロエピタキシャル界面である。さらに、コンタクト層/クラッド層2の界面およびクラッド層1/バッファ層の界面も、それぞれヘテロエピタキシャル界面である。

#### 【0016】

また、図2に示すように、コンタクト層/クラッド層2, クラッド層2/活性層2, 活性層1/クラッド層1, クラッド層1/バッファ層のそれぞれのヘテロエピタキシャル界面に、エネルギーバンド曲がりとエネルギーバンドの飛びが形成されている。特に、クラッド層2/活性層2の価電子帯には、正孔に対するエネルギーバリアが形成されており、活性層1/クラッド層1の伝導帯には、電子に対するエネルギーバリアが形成されている。また、活性層1(p型)/活性層2(n型)の界面には、pn接合の拡散電位に相当するエネルギーバリアが形成されている。上記の拡散電位は、pn接合を形成したときに、p型領域とn型領域の静電ポテンシャルが異なることによって互いのキャリアが拡散し、pn接合に空乏層が形成されることによって生じる電位である。

#### 【0017】

図3は図2のpn接合に順方向の電圧(p側に+電位、n側に-電位)を印加した場合にエネルギーバンド図を模式的に示した図である。図3において、 $V_a$ は、上記順方向の電圧であり、上記の拡散電位に略相当する電圧である。

#### 【0018】

図3に示すように、順方向電圧 $V_f$ を印加し、 $V_f$ が増加していくと、pn接合界面のエネルギー障壁の高さが減少し、n型領域である活性層2からp型領域である活性層1に移動できる電子の数が、またp型領域である活性層1からn型領域である活性層2に移動できる正孔の数が、増加する。すなわち、n型領域である活性層2からp型領域である活性層1に電子が注入され、p型領域である活性層1からn型領域である活性層2に正孔が注入される。p型領域に注入された電子は、活性層1/クラッド層1の界面に形成されているエネルギーバリアによってクラッド層1への拡散が阻止され、注入電子は活性層1内に閉じ込められる。一方、n型領域に注入された正孔は、活性層2/クラッド層2の界面に形成されているエネルギーバリアによってクラッド層2への拡散が阻止され、注入正孔は活性層2内に閉じ込められる。このように、両注入キャリア(活性層1内に注入された少数キャリアである電子および活性層2内に注入された少数キャリアである正孔)は活性層内に閉じ込められ、活性層内の両注入キャリアの密度を高くすることができる。

#### 【0019】

上記基板および上記それぞれの半導体エピタキシャル層の材料は、例えば以下の材料とすることができる。基板101はp型GaAs(の半導体ウエハ)、バッファ層102はp型GaAs、クラッド層1103はp型 $Al_xGa_{1-x}As$ ( $1 \geq x \geq 0$ )、活性層1104aはp型 $Al_yGa_{1-y}As$ ( $1 \geq y \geq 0$ )、活性層2104bはn型 $Al_yGa_{1-y}As$ 、クラッド層2105はn型 $Al_zGa_{1-z}As$ ( $1 \geq z \geq 0$ )、コンタクト層106はn型GaAsとすることができる。

#### 【0020】

また、それぞれの半導体エピタキシャル層のドーピング不純物は、例えば、n型不純物としてSi、p型不純物としてZnを用いることができる。ドーピング

濃度は、例えば、p型GaAsは $1 \times 10^{19} [\text{cm}^{-3}]$ 、p型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ は $1 \times 10^{19} [\text{cm}^{-3}]$ 、p型 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$ は $5 \times 10^{18} [\text{cm}^{-3}]$ 、n型 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$ は $5 \times 10^{18} [\text{cm}^{-3}]$ 、n型 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{As}$ は $5 \times 10^{17} [\text{cm}^{-3}]$ 、n型GaAsは $1 \times 10^{18} [\text{cm}^{-3}]$ とすることができる。このような活性層の不純物濃度を高くした構造によって、活性層の層厚を厚くしても、活性層内での電圧降下を小さくできる。

#### 【0021】

それぞれの半導体エピタキシャル層の層厚は、例えば、クラッド層1 (103) を $0.5 [\mu\text{m}]$ 、活性層1 104aを $0.5 [\mu\text{m}]$ 、活性層2 104bを $0.5 [\mu\text{m}]$ 、クラッド層2 105を $0.5 [\mu\text{m}]$ とすることができる。

#### 【0022】

それぞれの半導体エピタキシャル層は、例えば、半導体エピタキシャル成長のときにあらかじめ不純物をドーピングして形成される。

#### 【0023】

以上のように実施の形態1によれば、活性層内にpn接合界面を設けたことにより、pn接合界面を介して注入される電子および正孔の両注入キャリアを活性層内に高密度に閉じ込めることができ、両キャリアの活性層内での再結合確率を高くすることができるので、低電流注入領域でも発光強度が高い高発光効率の半導体発光装置を得ることができる。例えば、電子と正孔の両注入キャリア密度（単位体積あたりの注入キャリア数）をともに、各半導体層を形成する際に決定される多数キャリア密度（半導体エピタキシャル層を形成する際の不純物ドーパント濃度、あるいは半導体エピタキシャル層を形成する際の不純物ドーパント濃度の内の電氣的に活性化しているドーパント濃度）とは別に、pn接合に印加する電圧（pn接合に流す電流）によって変えることができる（制御することができる）。

#### 【0024】

また、活性層内にpn接合界面を設けたことにより、活性層の不純物濃度を高

くして活性層内での電圧降下を増加させることなく、活性層を厚くすることができるので、高電流注入領域であっても注入キャリアのオーバーフローによる発光効率の低下を防止することができるので、高電流注入領域での電流－発光強度特性の直線性に優れ、かつ低抵抗および低消費電力の半導体発光装置を得ることができる。

#### 【0025】

また、活性層内に p n 接合界面を設けたことにより、正孔および電子の両注入キャリア注入キャリアが再結合する領域を活性層内とすることができるので、電子の再結合に起因した発光波長と正孔の再結合に起因した発光波長とを同じにできる。

#### 【0026】

さらに、活性層内の p 型半導体層および n 型半導体層（活性層 1 および活性層 2）を、半導体エピタキシャル成長のときにあらかじめそれぞれの半導体層に不純物をドーピングして形成することにより、極めて均一で平坦な欠陥のない p n 接合面を半導体エピタキシャル構造の積層面に平行に形成することができる。

#### 【0027】

#### 実施の形態 2

図 4 は本発明の実施の形態 2 の半導体エピタキシャル層の積層構造（半導体エピタキシャル構造）を示す図である。

#### 【0028】

実施の形態 2 の半導体エピタキシャル構造は、基板 401 上に、バッファ層 402 と、活性層 1 404 a および活性層 2 404 b で構成された活性層 404 と、クラッド層 2 405 と、コンタクト層 406 とを積層した構造である。

#### 【0029】

上記の基板 401、バッファ層 402、活性層 404、クラッド層 2 405、コンタクト層 406 は、例えば、n 型基板 401、n 型バッファ層 402、n 型活性層 1 404 a、p 型活性層 2 404 b、p 型クラッド層 2 405、p 型コンタクト層 406 とすることができる。

## 【0030】

この実施の形態2の半導体エピタキシャル構造は、上記実施の形態1（図1参照）の半導体エピタキシャル構造において、クラッド層1を省略し、活性層404内のpn接合面に対して上下に位置する半導体エピタキシャル層の導電型を反転させた構造である（上記実施の形態1を示している図1では、101, 102, 103, 104aがp型、104b, 105, 106がn型、この実施の形態2を示している図4では、401, 402, 404aがn型、404b, 405, 406がp型である）。従って、この実施の形態2では、活性層1に注入された正孔に対するエネルギーバリアが存在しないが、注入された正孔（少数キャリア）が電子（多数キャリア）と再結合するための領域を活性層内に設けた構造なので、注入された正孔が発光に寄与することができる。また、活性層2に注入された電子は、上記実施の形態1と同様に、活性層2／クラッド層2の界面のエネルギーバリアによってクラッド層2への拡散が阻止され、注入電子は活性層1内に閉じ込められる。これらのことによって、活性層内のキャリア密度を高くすることができる。

## 【0031】

以上のように実施の形態2によれば、上記実施の形態1と同様に、発光効率および高電流注入領域に至るまでの広い電流範囲での電流－発光強度特性に優れ、かつ低抵抗および低消費電力の半導体発光装置を得ることができる。

## 【0032】

なお、上記実施の形態1, 2では、pn接合面が活性層中のほぼ中間位置に設けられている場合について具体的に説明したが、pn接合面は必ずしも活性層内のほぼ中間位置に設けなくてもよい。p型領域に注入された電子の平均自由行程は、正孔の平均自由行程と比較して短い。多くの注入キャリアが平均自由行程内で再結合すると考えると、注入キャリアの平均自由行程内での電子と正孔の注入キャリア密度を高くすることが効果的である。従って、例えば、pn接合面を、p側領域で広く、n側領域で狭くとってもよい。

## 【0033】

また、上記実施の形態1, 2では、クラッド層1およびクラッド層2を単層構

造とした場合について具体的に説明したが、クラッド層 1、クラッド層 2 として、適宜多数の半導体層を積層した積層構造を設けてもよい。

#### 【0034】

また、上記実施の形態 1, 2 では、半導体エピタキシャル層について、 $Al_xGa_{1-x}As$  ( $1 \geq x \geq 0$ ) を具体的な材料として取り上げて説明したが、必ずしも材料を限定する必要はなく、例えば、 $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$  ( $1 \geq x \geq 0, 1 \geq y \geq 0$ ) などの 4 元系の材料であってもよいし、 $GaN$ ,  $AlGaN$ ,  $InGaN$  などの窒化物半導体を含む構造であってもよい。

#### 【0035】

また、上記実施の形態 1, 2 では、基板、バッファ層、クラッド層 1、活性層 1 を p 型、活性層 2、クラッド層 2、コンタクト層を n 型として具体的に説明したが、基板、バッファ層、クラッド層 1、活性層 1 を n 型、活性層 2、クラッド層 2、コンタクト層 106 を p 型とすることもできる。

#### 【0036】

さらに、上記実施の形態 1, 2 では、基板を n 型としたが、基板を半絶縁性  $GaAs$  としてもよいし、バッファ層、クラッド層をノンドープとすることもできる。

#### 【0037】

### 実施の形態 3

図 5 は本発明の実施の形態 3 の半導体発光装置の構造を示す断面図、図 6 は本発明の実施の形態 3 の半導体発光装置の部分構造を示す上面図であって、図 5 は図 6 の A-A 間の断面に相当している。この実施の形態 3 の半導体発光装置は、上記実施の形態 1 の半導体エピタキシャル構造（図 1 参照）を用いて構成したものである。

#### 【0038】

実施の形態 3 の半導体発光装置は、基板 501 と、互いに分離された複数の半導体エピタキシャル構造領域と、層間絶縁膜 521 と、複数の個別電極 522 と、共通電極 523 と、複数の電極パッド 524 とを備えている。

#### 【0039】

図 5 に示すように、実施の形態 3 の上記半導体エピタキシャル構造領域のそれぞれは、基板 501 上に、バッファ層 502 と、クラッド層 1 503 と、活性層 1 504 a および活性層 2 504 b で構成された活性層 504 と、クラッド層 2 505 と、コンタクト層 506 とを積層した構造であって、上記実施の形態 1 の半導体エピタキシャル構造（図 1 参照）と同様の構造である。

#### 【0040】

上記の基板 501、バッファ層 502、活性層 504、クラッド層 2 505、コンタクト層 506 は、例えば、それぞれ上記実施の形態 1（図 1 参照）の基板 101、バッファ層 102、活性層 104、クラッド層 2 105、コンタクト層 106 と同じものである。

#### 【0041】

図 5 および図 6 に示すように、実施の形態 3 の半導体発光装置は、基板 501 上に、それぞれ発光部となる複数の半導体エピタキシャル構造領域（バッファ層 502、活性層 504、クラッド層 2 505、コンタクト層 506 の積層構造領域）を互いに分離して、略一列にアレイ配列し、それぞれの発光部に個別電極 522 およびそれに連なる電極パッド 524 を設けたものである。

#### 【0042】

実施の形態 3 の半導体発光装置に製造工程について以下に説明する。まず、半導体ウエハの基板 501 上に、バッファ層 502、活性層 504、クラッド層 2 505、コンタクト層 506 となるそれぞれの半導体エピタキシャル層を積層形成した半導体エピタキシャルウエハを用意する。

#### 【0043】

次に、上記の半導体エピタキシャル層の積層構造を、それぞれ発光部となる複数の領域を残して基板 501 の上面が露出するようにエッチング除去することによって、それぞれ発光部となる複数の半導体エピタキシャル構造領域（バッファ層 502、活性層 504、クラッド層 2 505、コンタクト層 506 の積層構造領域）に分割する。

#### 【0044】

そして、上記発光部となる半導体エピタキシャル構造領域の露出した上面およ

び側面、ならびに基板 501 の露出した上面を層間絶縁膜 521 で被覆し、上記半導体エピタキシャル構造領域の上面において層間絶縁膜 521 に開口部を設けてコンタクト層 506 の上面を露出させ、その上に個別電極 522 および電極パッド 524 を設ける。個別電極 522 は、コンタクト層 506 に個別に接続し、電極パッド 524 は、個別電極 522 に一体形成され、基板 501 の上面を被覆する層間絶縁膜 521 上に設けられる。また、基板 501 の下面には、共通電極 523 が設けられる。

#### 【0045】

それぞれの個別電極 522 と共通電極 523 の間に個別に電圧を印加して、それぞれの発光部の p n 接合に電流を流すことによって、それぞれの発光部を独立して発光制御できる。なお、p n 接合に電流を流したときのキャリアの動きおよびキャリアの再結合による発光動作については、上記実施の形態 1 で説明したものと同様である。

#### 【0046】

以上のように実施の形態 3 によれば、上記実施の形態 1 の半導体エピタキシャル構造を用いて半導体発光装置を構成したことにより、発光効率が高く、低電流駆動では発光強度が高く、高電流駆動では電流－発光強度特性の直線性に優れ、かつ低抵抗および低消費電力の発光部を有する半導体発光装置を得ることができる。

#### 【0047】

複数の発光部を、例えば略一行にアレイ配列して集積しても、それぞれの発光部が低抵抗および低消費電力であるので、半導体発光装置全体としての発熱量を小さくすることができ、温度上昇を防止できる。

#### 【0048】

なお、上記実施の形態 3 では、上記実施の形態 1 の半導体エピタキシャル構造を用いた半導体発光装置を具体的に説明したが、上記実施の形態 2 の半導体エピタキシャル構造（図 4）を用いて半導体発光装置を構成してもよい。

#### 【0049】

実施の形態 4



図7は本発明の実施の形態4の半導体エピタキシャル層の積層構造（半導体エピタキシャル構造）を示す図である。

#### 【0050】

実施の形態4の半導体エピタキシャル構造は、基板701上に、バッファ層702と、犠牲層750と、コンタクト層1 752と、クラッド層1 703と、活性層1 704aおよび活性層2 704bで構成された活性層704と、クラッド層2 705と、コンタクト層2 706とを積層した構造である。

#### 【0051】

上記の基板701、バッファ層702、クラッド層1 703、活性層704、クラッド層2 705、コンタクト層2 706は、例えば、それぞれ上記実施の形態1（図1参照）の基板101、バッファ層102、クラッド層1 103、活性層104、クラッド層2 105、コンタクト層106と同じものである。

#### 【0052】

この実施の形態4は、上記実施の形態1（図1参照）において、バッファ層とクラッド層1の間に、犠牲層750およびコンタクト層1 752を設けた構造である。

#### 【0053】

犠牲層750は、コンタクト層1 752からコンタクト層2 706までの半導体エピタキシャル層の積層構造を基板701からリフトオフするための半導体層であって、例えばAlAs層とすることができる。

#### 【0054】

コンタクト層1 752は、コンタクト層1 752からコンタクト層2 706までの半導体エピタキシャル層の積層構造をリフトオフしたときに、異種基板との接合のために設けられた半導体エピタキシャル層である。このコンタクト層1は、例えばコンタクト層1 752と同じ導電型（本実施の形態ではp型）のGaAs層とすることができる。

#### 【0055】

以上のように実施の形態4によれば、上記実施の形態1と同様に、発光効率お

よび高電流注入領域を含め、低電流領域から高電流領域まで幅の広い電流範囲での電流－発光強度特性に優れ、かつ低抵抗および低消費電力の半導体発光装置を得ることができる。

#### 【0056】

さらに、半導体エピタキシャル層を形成するための基材となる半導体基板との間に、半導体エピタキシャル構造を上記半導体基板からリフトオフするための犠牲層を設けたことにより、以下の実施の形態5で説明するように、異種基板上に半導体発光装置を形成できる。

#### 【0057】

なお、上記実施の形態4において、クラッド層1またはクラッド層2を設けない構造とすることもできる。

#### 【0058】

##### 実施の形態5

図8は本発明の実施の形態5の半導体発光装置の構造を示す斜視図である。この実施の形態5の半導体発光装置は、上記実施の形態4の半導体エピタキシャル構造（図7）を用いて構成したものである。

#### 【0059】

この実施の形態5の半導体発光装置は、異種基板861と、駆動集積回路862と、メタル層863と、互いに分離された複数の半導体エピタキシャル薄膜（半導体エピタキシャル構造領域）864とを備える。

#### 【0060】

複数の半導体エピタキシャル構造領域864のそれぞれは、コンタクト層1と、クラッド層1と、活性層1および活性層2で構成された活性層と、クラッド層2と、コンタクト層2とを積層した構造であって、上記実施の形態4の半導体エピタキシャル構造（図7参照）と同様の構造である。

#### 【0061】

上記の実施の形態5のコンタクト層1、クラッド層1、活性層、クラッド層2、コンタクト層2は、例えば、それぞれ上記実施の形態4（図7参照）のコンタクト層1 752、クラッド層1 703、活性層704、クラッド層2 70

5, コンタクト層 706 と同じものである。

#### 【0062】

異種基板 861 は、例えば Si 基板である。駆動集積回路 862 は、異種基板 861 上に設けられている。メタル層 863 は、異種基板 861 上の発光部配列領域に設けられており、互いに分離された複数の半導体エピタキシャル構造領域 864 を異種基板 861 にそれぞれ接合した構造である。

#### 【0063】

図 8 に示すように、実施の形態 5 の半導体発光装置は、異種基板 861 上に、それぞれ発光部となる複数の半導体エピタキシャル構造領域（コンタクト層 1, クラッド層 1, 活性層, クラッド層 2, コンタクト層 2 の積層構造領域）864 を互いに分離し、略一列にアレイ配列したものである。それぞれの発光部を駆動集積回路 862 で個別に駆動制御できるように、半導体エピタキシャル構造領域 864 と駆動集積回路 862 の間は、適宜電極によって接続される。

#### 【0064】

実施の形態 5 の半導体発光装置に製造工程について以下に説明する。まず、上記実施の形態 4 の半導体エピタキシャル構造（図 7 参照）と同様に、半導体ウエハの基板 701 上に、複数の半導体エピタキシャル層（バッファ層 702, 犠牲層 750, コンタクト層 1 752, クラッド層 1 703, 活性層 704, クラッド層 2 705, コンタクト層 2 706）を積層形成した半導体エピタキシャルウエハを用意する。

#### 【0065】

次に、上記の半導体エピタキシャル層の積層構造を、それぞれ発光部となる複数の領域を残して犠牲層 750 の上面が露出するようにメサエッチングし、それぞれ発光部となる複数の半導体エピタキシャル構造領域 864（コンタクト層 1 752, クラッド層 1 703, 活性層 704, クラッド層 2 705, コンタクト層 2 706 バッファ層 502）に分割する。

#### 【0066】

次に、上記のメサエッチングした半導体エピタキシャルウエハの上面に半導体エピタキシャル構造領域 864 の固定のためのキャリアシートを張り付けたあと

、犠牲層 750 を選択エッチングして、複数の半導体エピタキシャル構造領域 864 を基板 701 からリフトオフする。

#### 【0067】

例えば、AlAs 層の犠牲層 750 を、フッ化水素酸 (HF) をエッチング液としてウエットエッチングすることにより、コンタクト層 1 / クラッド層 1 / 活性層 / クラッド層 2 / コンタクト層 2 からなる半導体エピタキシャル構造領域 864 をリフトオフすることができる。この HF を用いたウエットエッチングでは、犠牲層の AlAs 層は、半導体エピタキシャル構造領域 864 を構成する GaAs 層および AlGaAs 層との選択エッチング比が極めて高い。このため、AlAs 層が完全にエッチングされる時間内に、半導体エピタキシャル構造領域 864 を構成する他の半導体エピタキシャル層はほとんどエッチングされない。従って、半導体エピタキシャル構造領域 864 を、ほとんどエッチングすることなくリフトオフできる。

#### 【0068】

そして、上記のリフトオフした複数の半導体エピタキシャル構造領域 864 を、キャリアシートから剥がして、異種基板 861 に接合し、配列する。

#### 【0069】

以上のように実施の形態 5 によれば、上記実施の形態 4 の半導体エピタキシャル構造を用いて半導体発光装置を構成したことにより、発光効率が高く、低電流駆動では発光強度が高く、高電流駆動では電流－発光強度特性の直線性に優れ、かつ低抵抗および低消費電力の発光部が得られる。

#### 【0070】

さらに、半導体エピタキシャル構造領域を犠牲層でリフトオフして、異種基板上に発光部を設けることにより、半導体複合発光装置（複合半導体で構成された半導体発光装置）を実現できる。

#### 【0071】

また、異種基板のメタル層上に発光部（リフトオフした半導体エピタキシャル構造領域）を設けることにより、反射光をも取り出す構造とすることができるので、さらに高い発光効率を得られる。

## 【0072】

## 【発明の効果】

以上説明したように本発明によれば、発光効率および高電流注入領域での電流－発光強度特性に優れ、かつ低抵抗および低消費電力の半導体発光装置を得ることができるという効果がある。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施の形態1の半導体エピタキシャル層の積層構造（半導体エピタキシャル構造）を示す図である。

【図2】 図1の半導体エピタキシャル構造のエネルギーバンド構造を模式的に示した図である。

【図3】 図2のp n接合に順方向の電圧（p側に＋電位、n側に－電位）を印加した場合にエネルギーバンド図を模式的に示した図である。

【図4】 本発明の実施の形態2の半導体エピタキシャル層の積層構造（半導体エピタキシャル構造）を示す図である。

半導体エピタキシャル層構造を示す図である。

【図5】 本発明の実施の形態3の半導体発光装置の構造を示す断面図である。

【図6】 本発明の実施の形態3の半導体発光装置の部分構造を示す上面図である。

【図7】 本発明の実施の形態4の半導体エピタキシャル層の積層構造（半導体エピタキシャル構造）を示す図である。

【図8】 本発明の実施の形態5の半導体発光装置の構造を示す斜視図である。

## 【符号の説明】

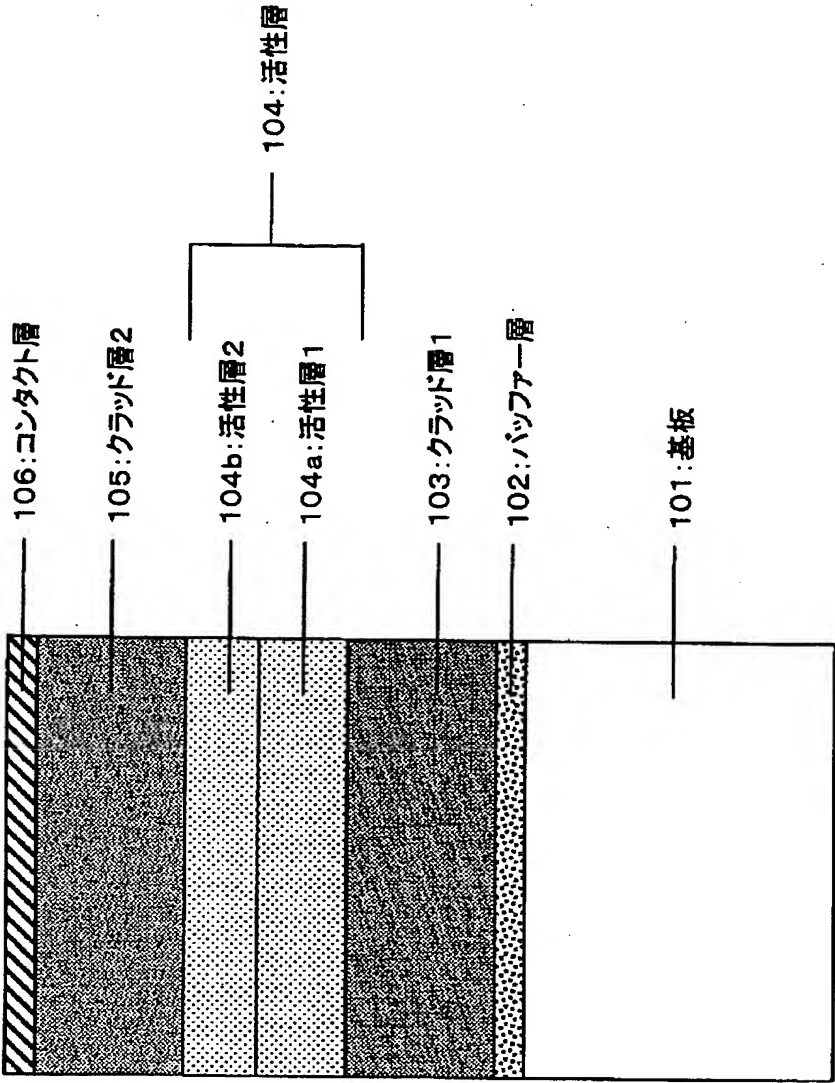
101, 401, 501, 701 基板、 102, 402, 502, 702  
バッファ層、 103, 503, 703 クラッド層1、 104a, 40  
4a, 504a, 704a 活性層1、 104b, 404b, 504b, 70  
4b 活性層2、 104, 404, 504, 704 活性層、 105, 40

5, 5 0 5, 7 0 5 クラッド層 2、 1 0 6, 4 0 6, 5 0 6 コンタクト層  
、 7 0 6 コンタクト層 2、 5 2 2 個別電極、 5 2 3 共通電極、 5  
2 4 電極パッド、 7 5 0 犠牲層、 7 5 2 コンタクト層 1、 8 6 1  
異種基板、 8 6 2 駆動集積回路、 8 6 3 メタル層、 8 6 4 半導体エ  
ピタキシャル薄膜（半導体エピタキシャル構造領域）。

【書類名】

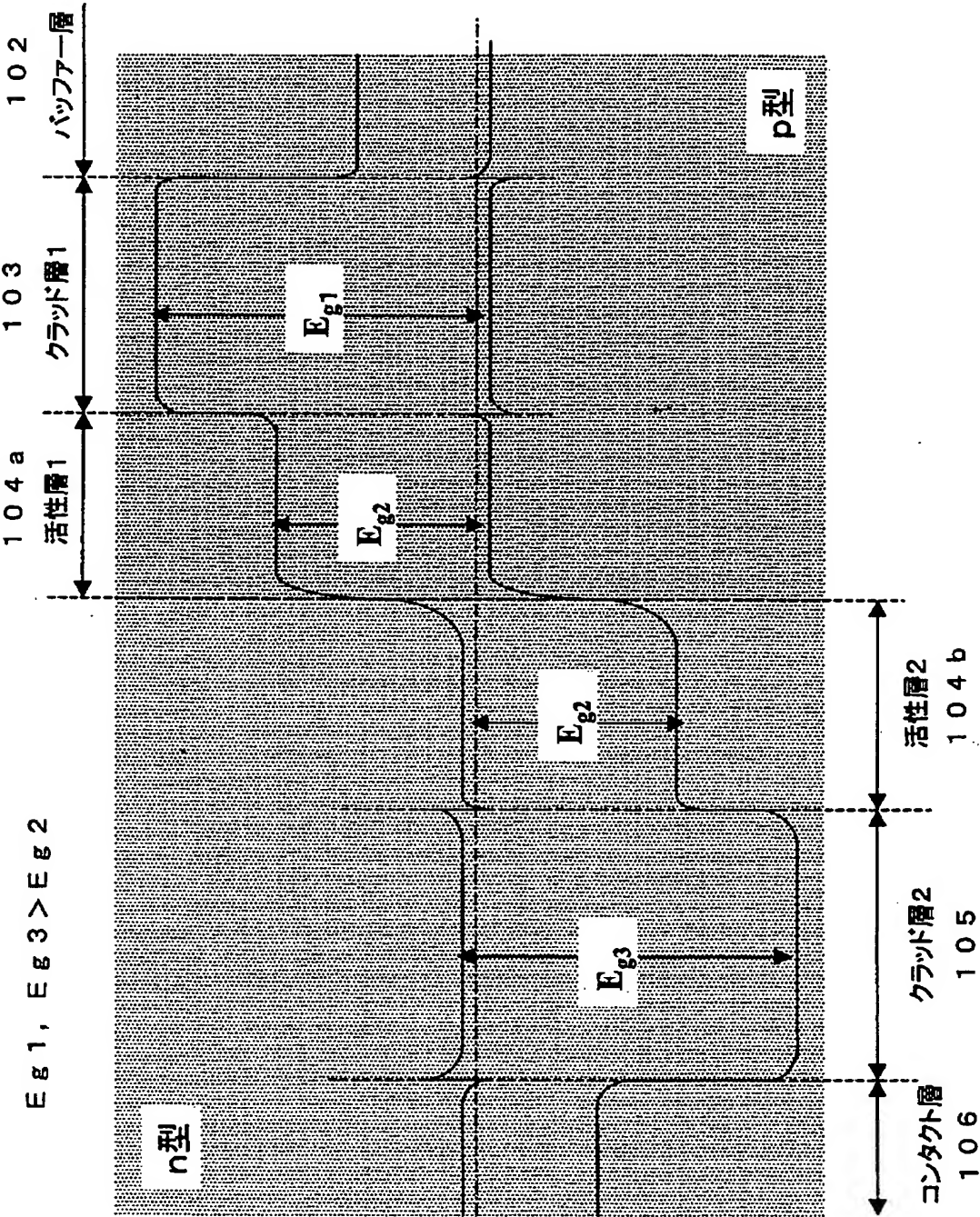
図面

【図 1】



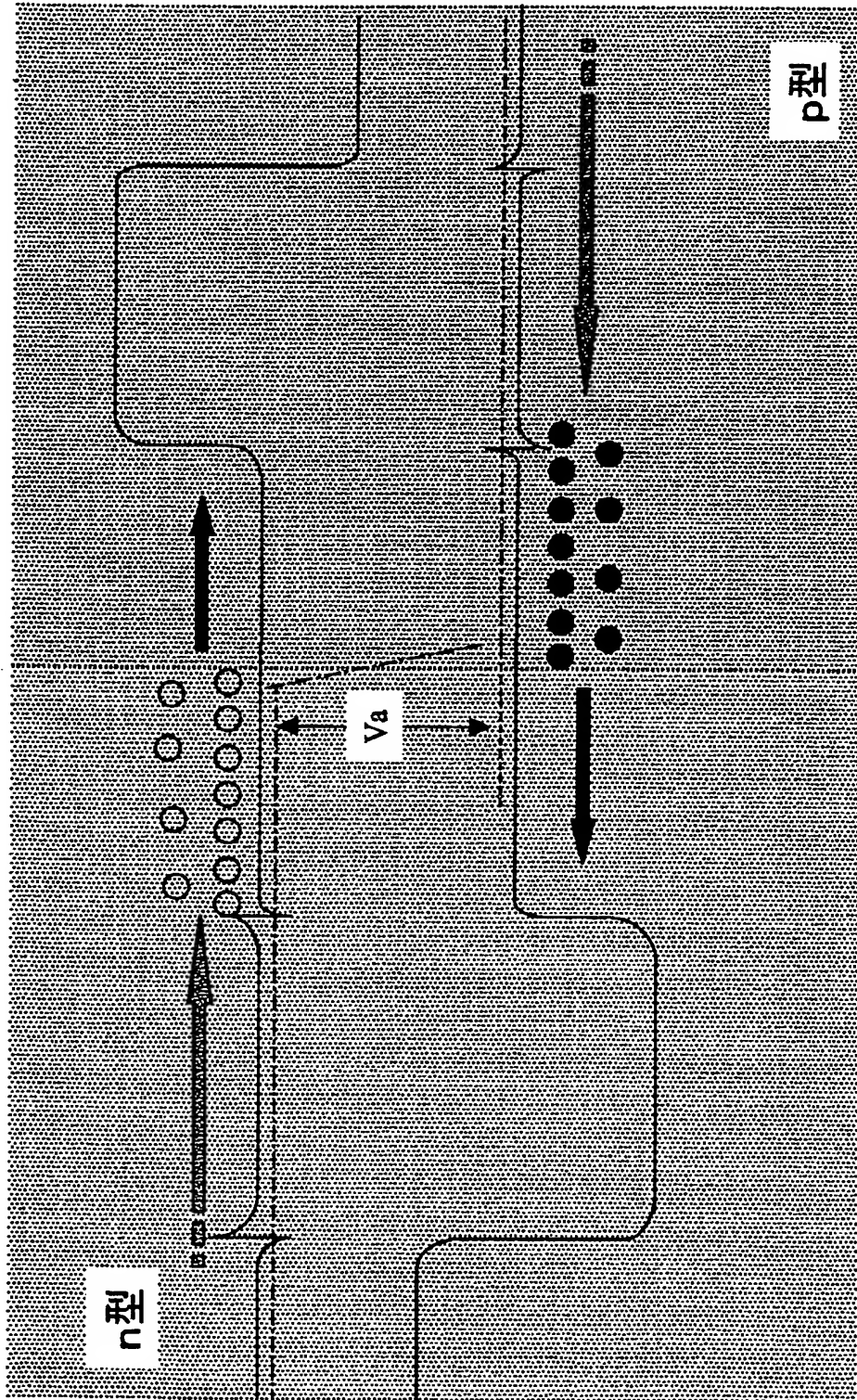
実施の形態 1

【図 2】

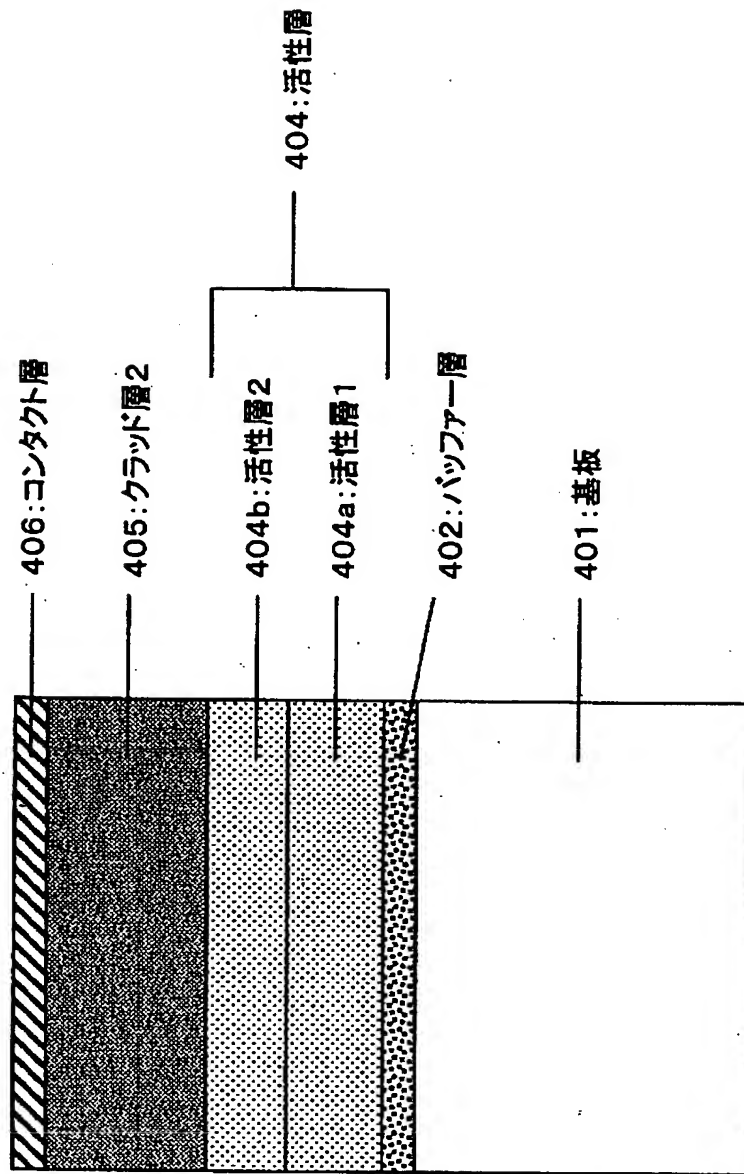




【図 3】

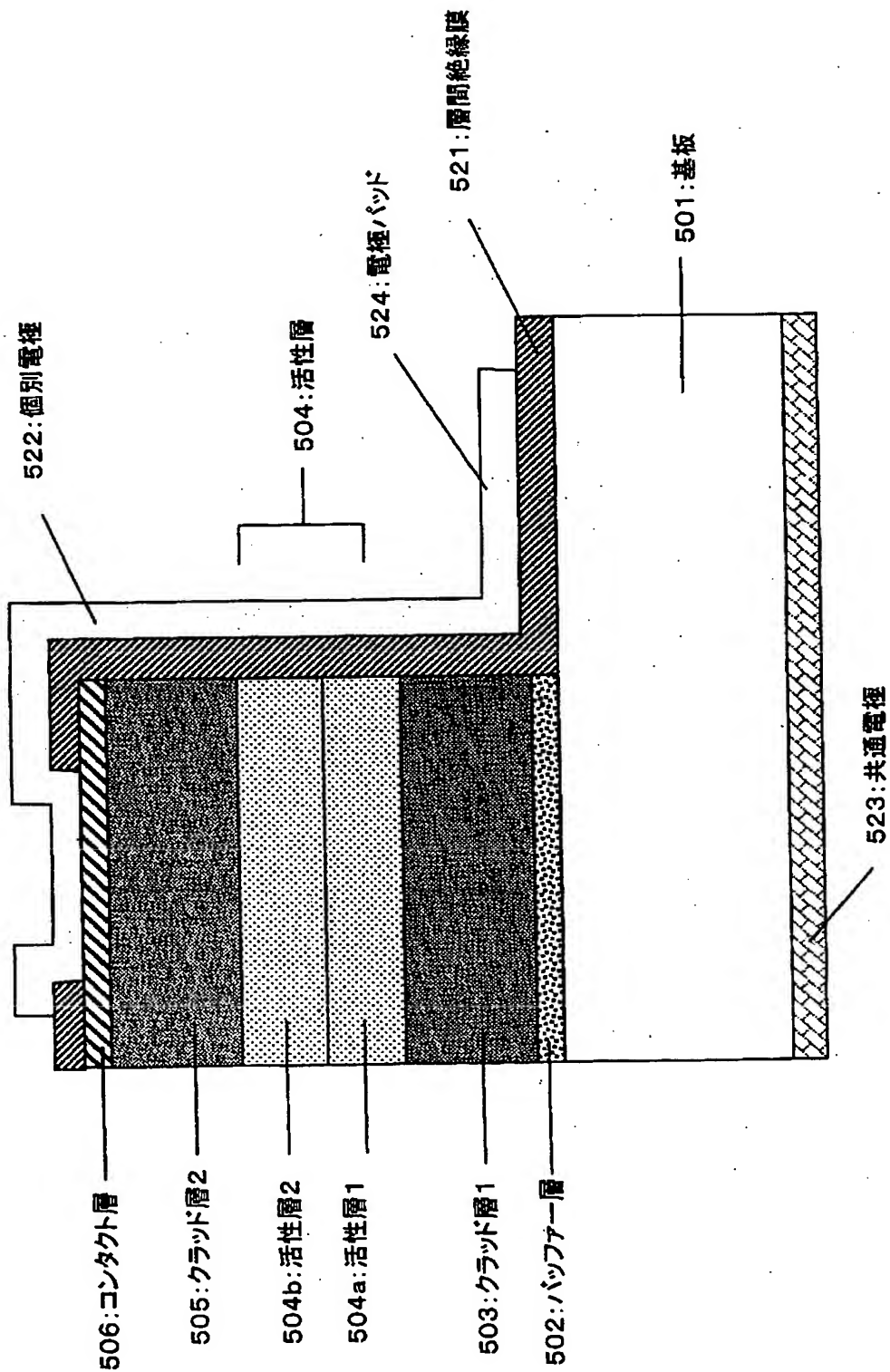


【図 4】



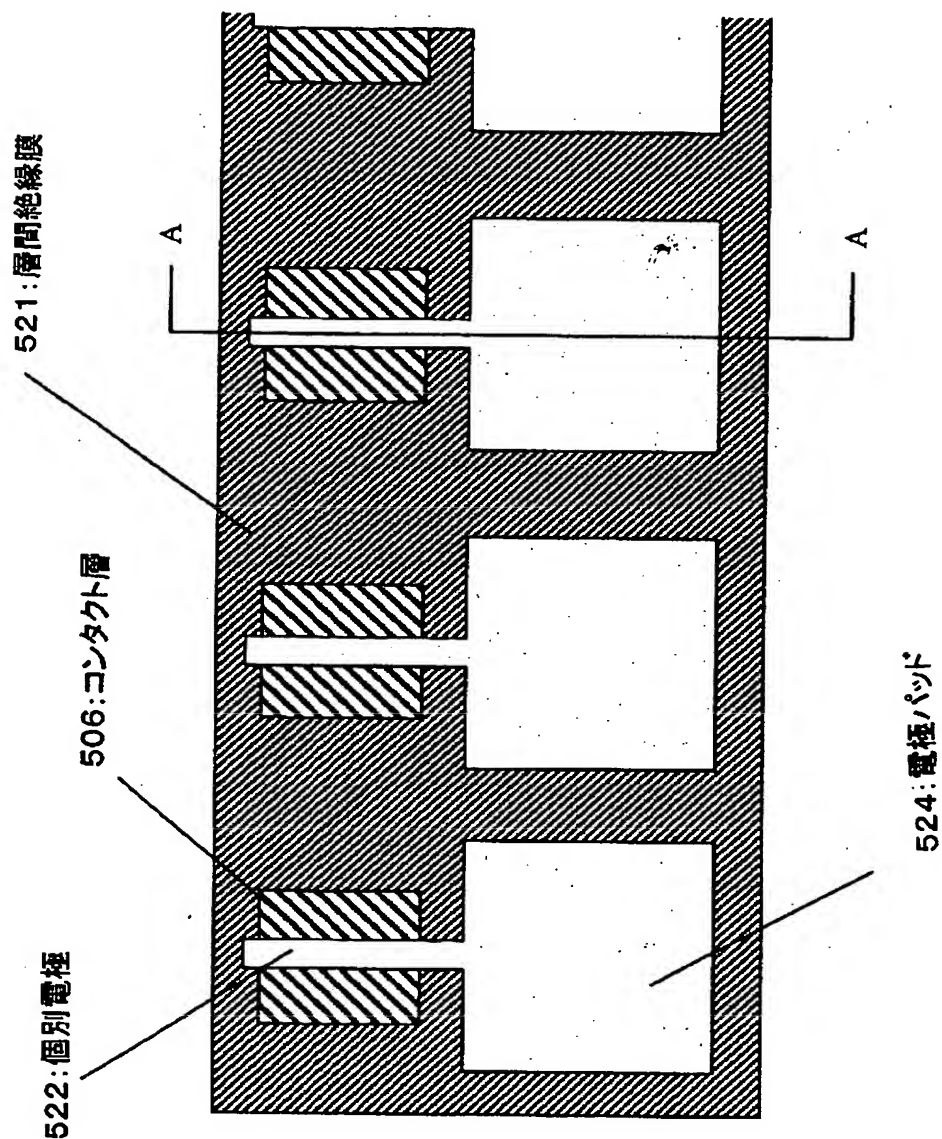
実施の形態 2

【図 5】



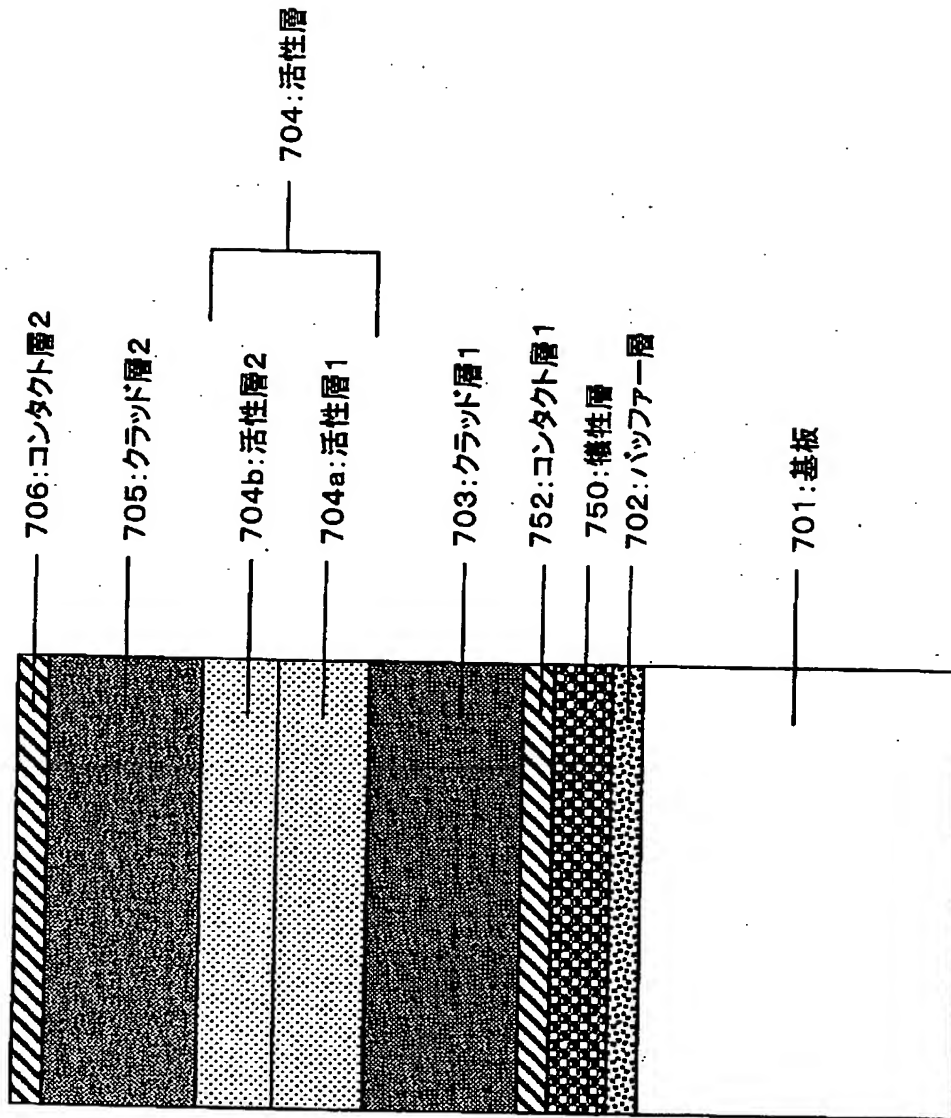
実施の形態 3 (断面図)

【図 6】



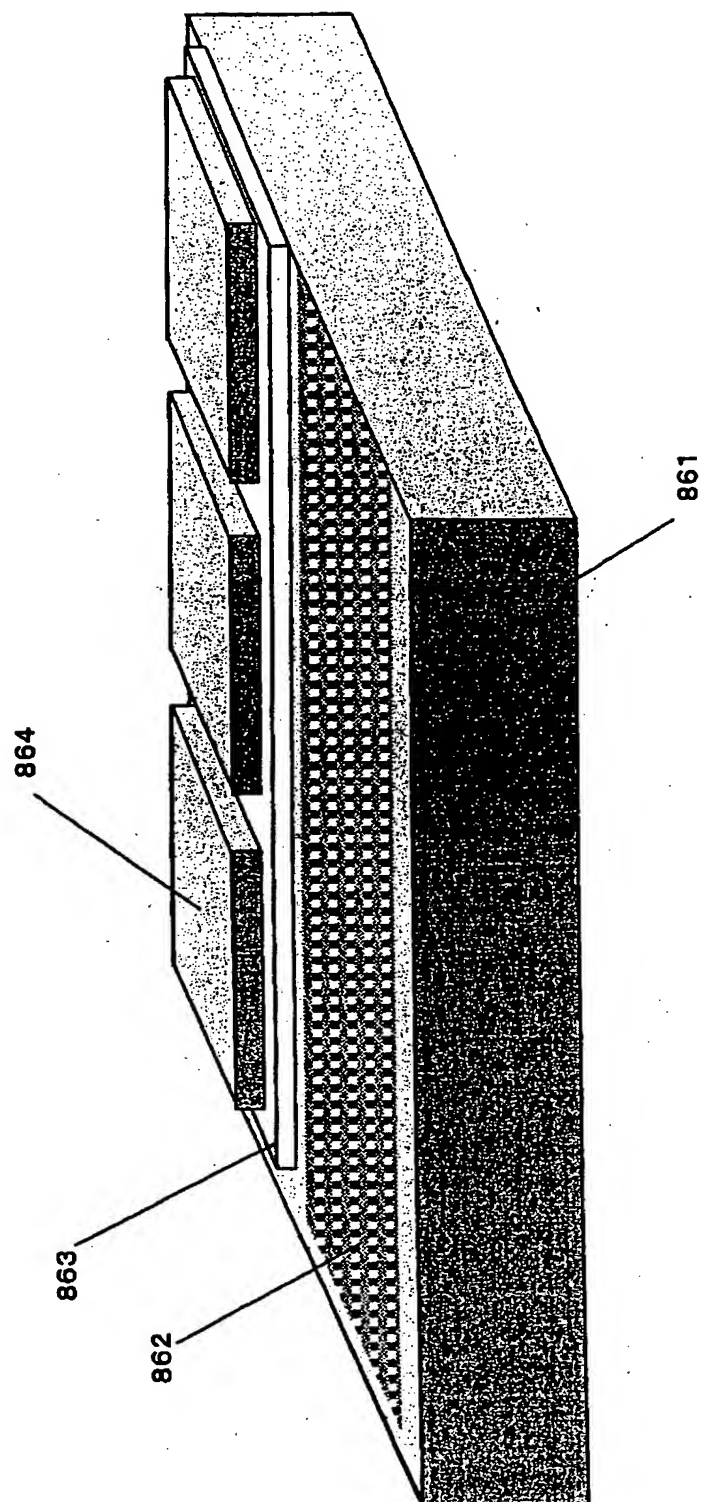
実施の形態 3 (上面図)

【図 7】



実施の形態 4

【図 8】



実施の形態 5

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高発光効率および高電流注入領域での電流－発光強度特性に優れた半導体発光装置を実現できる半導体エピタキシャル構造を提供する。

【解決手段】 活性層 1 0 4 と、活性層 1 0 4 を挟むようにそれぞれ活性層 1 0 4 に接して積層されたクラッド層 1 1 0 3 およびクラッド層 2 1 0 5 とを備え、活性層 1 0 4 のエネルギーバンドギャップが、クラッド層 1 のエネルギーバンドギャップおよびクラッド層 2 のエネルギーバンドギャップよりも狭く、活性層 1 0 4 内に、p 型の活性層 1 0 4 a と n 型の活性層 1 0 4 b の接合面が存在する。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 2 - 3 5 0 8 0 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 5 9 1 0 4 4 1 6 4 ]

1. 変 更 年 月 日

2 0 0 1 年 9 月 1 8 日

[ 変 更 理 由 ]

住 所 変 更

住 所

東京都港区芝浦四丁目 1 1 番 2 2 号

氏 名

株式会社沖データ



特願 2 0 0 2 - 3 5 0 8 0 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 5 0 0 0 0 2 5 7 1 ]

1 . 変 更 年 月 日

1 9 9 9 年 1 2 月 2 0 日

[ 変 更 理 由 ]

新 規 登 録

住 所

東 京 都 八 王 子 市 東 浅 川 町 5 5 0 番 地 - 1

氏 名

株 式 会 社 沖 デ ジ タ ル イ メ ー ジ ン グ